

PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA

COME E PERCHÉ

Perché produrre energia elettrica

- Tutta la società moderna si basa sul consumo di energia, per fare qualsiasi attività necessitiamo di qualche forma di energia.
- Tra tutte le forme di energia quella più versatile è sicuramente l'energia elettrica, infatti, essa può essere trasformata e trasportata in maniera abbastanza semplice.

Perché produrre energia elettrica

- Una volta prodotta l'energia elettrica può essere facilmente convertita in movimento.



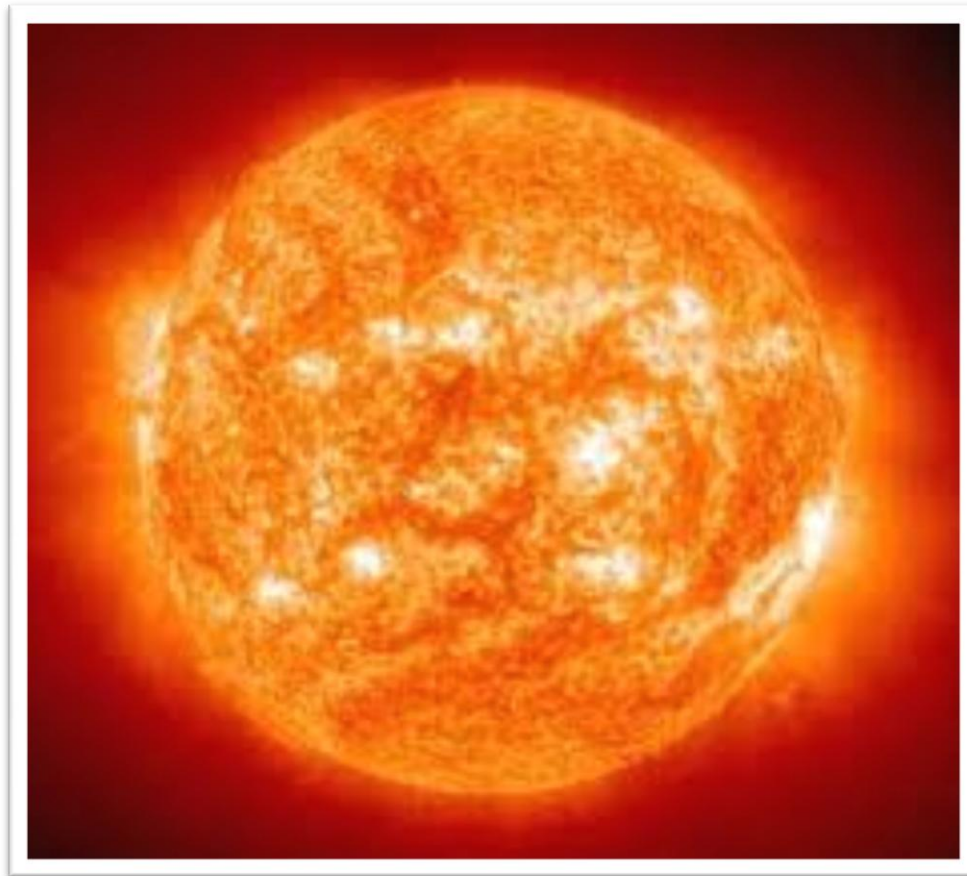
Perché produrre energia elettrica

- Una volta prodotta l'energia elettrica può essere facilmente convertita in luce.



Perché produrre energia elettrica

- Una volta prodotta l'energia elettrica può essere facilmente convertita in calore.



Perché produrre energia elettrica

- Le enormi quantità di energia elettrica richieste dalla società moderna fanno sì che questa debba essere prodotta in grandi quantità.
- Un parametro utile per determinare la quantità di energia prodotta è la **potenza** (simbolo P unità di misura [W] watt) la quale può variare dalle decine di kW ($1 \text{ kW} = 1.000 \text{ W}$) alle centinaia di MW ($1 \text{ MW} = 1.000.000 \text{ W}$).
- La potenza elettrica è legata in maniera diretta ai parametri di **tensione** (simbolo V unità di misura [V] volt) e **corrente** (simbolo I unità di misura [A] ampere).

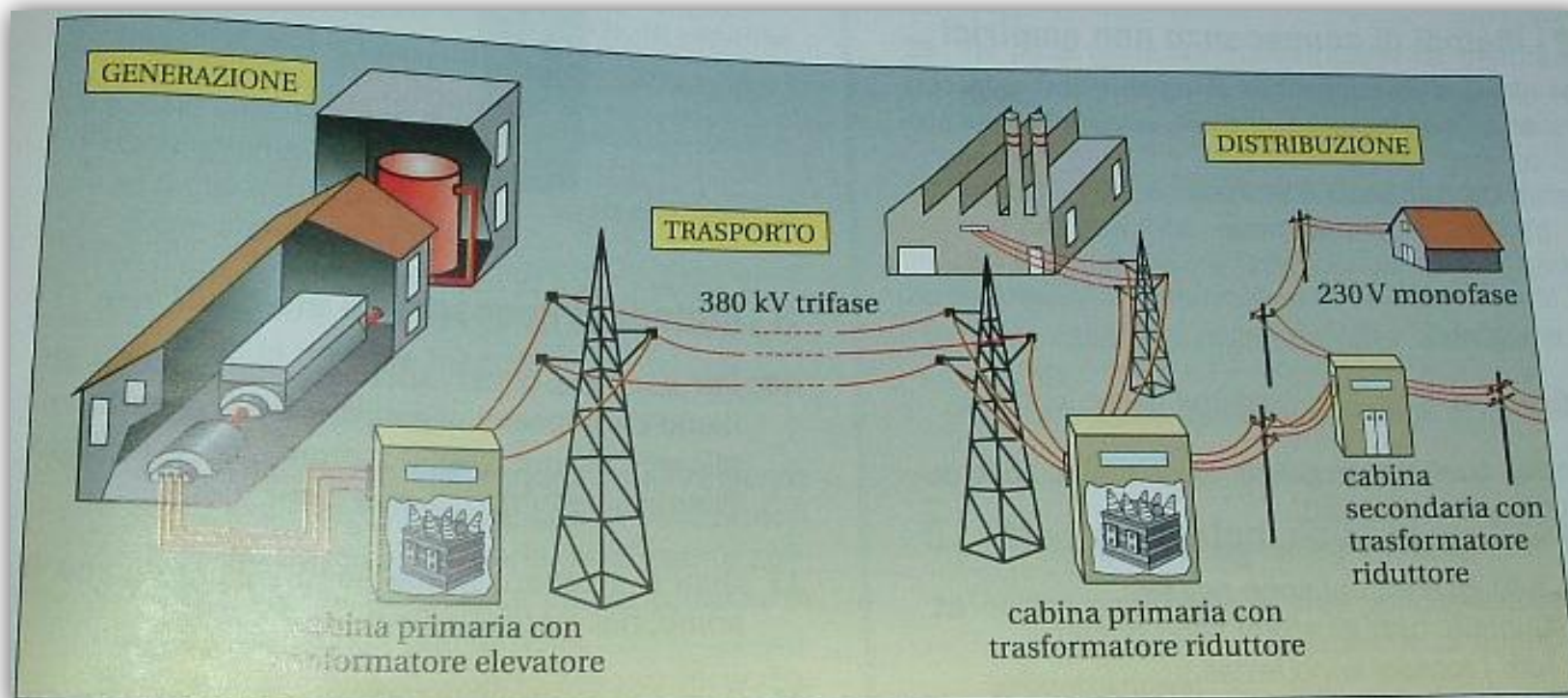
Come si produce l'energia elettrica

- La produzione di energia elettrica in Italia avviene in gran parte sfruttando delle fonti di energia non rinnovabile quali petrolio, carbone e gas naturale.
- Una certa percentuale di energia elettrica viene prodotta utilizzando invece le cosiddette fonti di energia rinnovabile: energia geotermica, energia idroelettrica, solare od eolica.
- Il restante fabbisogno energetico viene coperto importando l'energia necessaria dall'estero.

Come si produce l'energia elettrica

- La **generazione** di energia elettrica rappresenta il primo passaggio nel processo che conduce la stessa fino all'utilizzatore finale.
- Le altre due fasi che compongono il processo sono il **trasporto** dell'energia e la sua **distribuzione**.

Come si produce l'energia elettrica

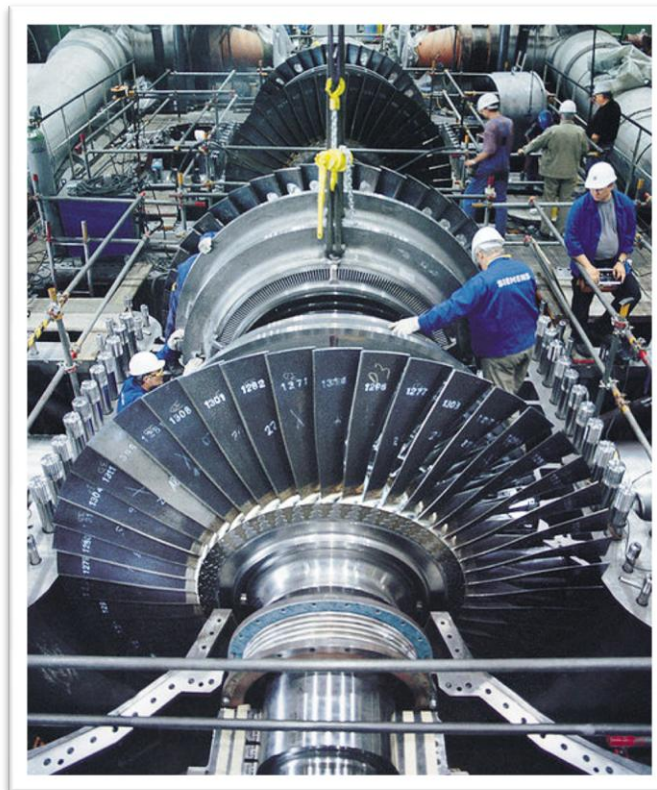


Come si produce l'energia elettrica

- La produzione dell'energia elettrica avviene nelle cosiddette **centrali elettriche**.
- Le tecniche di produzione dell'energia sono basate principalmente sull'utilizzo di vapore in pressione, l'acqua pressurizzata viene scaldata a temperature molto elevate, il vapore generato si espande in una **turbina** collegata ad un **alternatore**.

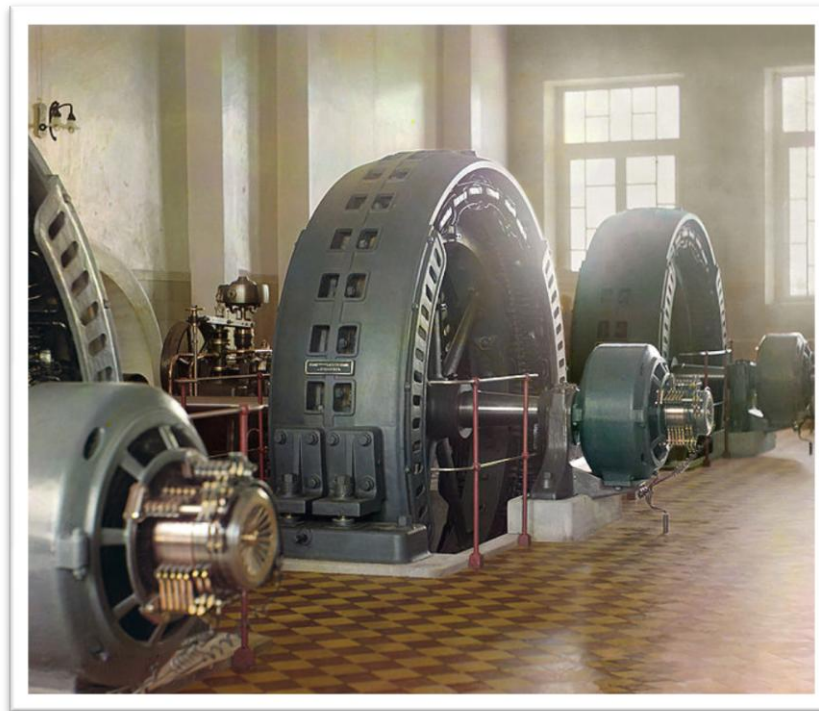
La turbina

- La turbina è una macchina rotante che sfrutta l'energia cinetica provocata dal vapore in pressione o da un getto d'acqua per generare la rotazione di un albero.



L'alternatore

- L'alternatore è una macchina che, posta in rotazione dalla turbina, genera energia elettrica.



Un po' di storia

- È nel 1870 che l'accoppiamento della **dinamo** alla turbina idraulica diede avvio alla produzione commerciale di energia elettrica.
- La prima **centrale termoelettrica** venne invece impiantata in Pearl Street a New York nel 1882 per rifornire la prima rete di illuminazione pubblica.

La dinamo

- La dinamo è un generatore di energia elettrica come l'alternatore, essa però genera energia in tensione **continua** mentre l'alternatore genera energia in tensione **alternata**.
 - **continua** = valore costante nel tempo.
 - **alternata** = valore che cambia nel tempo *alternando* valori positivi e negativi uguali.
- L'energia elettrica nelle nostre case è in tensione alternata.
- L'energia elettrica che fa accendere il fanale della nostra bicicletta è in tensione continua.

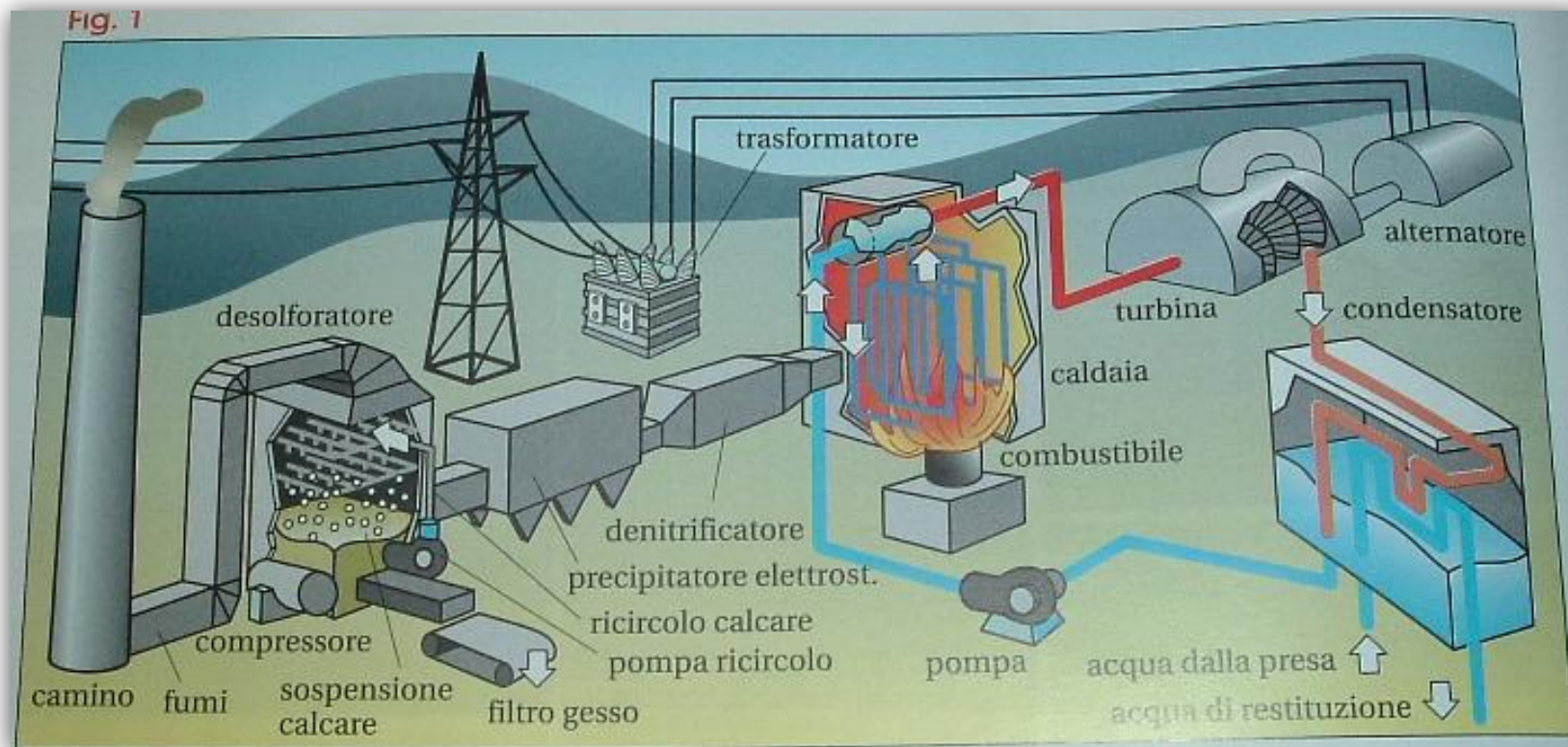
La centrale elettrica

- La centrale elettrica è il luogo dove avviene la produzione di energia elettrica.
- Le centrali possono essere:
 - Termoelettriche
 - Idroelettriche
 - Eoliche
 - Geotermiche
 - Solari
 - Nucleari

La centrale termoelettrica

- Un elemento **combustibile** (derivati del petrolio, carbone o gas, ma anche, in alcuni casi, biomassa, biogas o rifiuti) viene bruciato in modo da sviluppare calore; questo calore viene trasmesso a una caldaia, nella quale circola acqua ad alta pressione (precedentemente purificata per non danneggiare gli impianti), tale acqua viene così trasformata in **vapore** raggiungendo temperature elevate.

La centrale termoelettrica



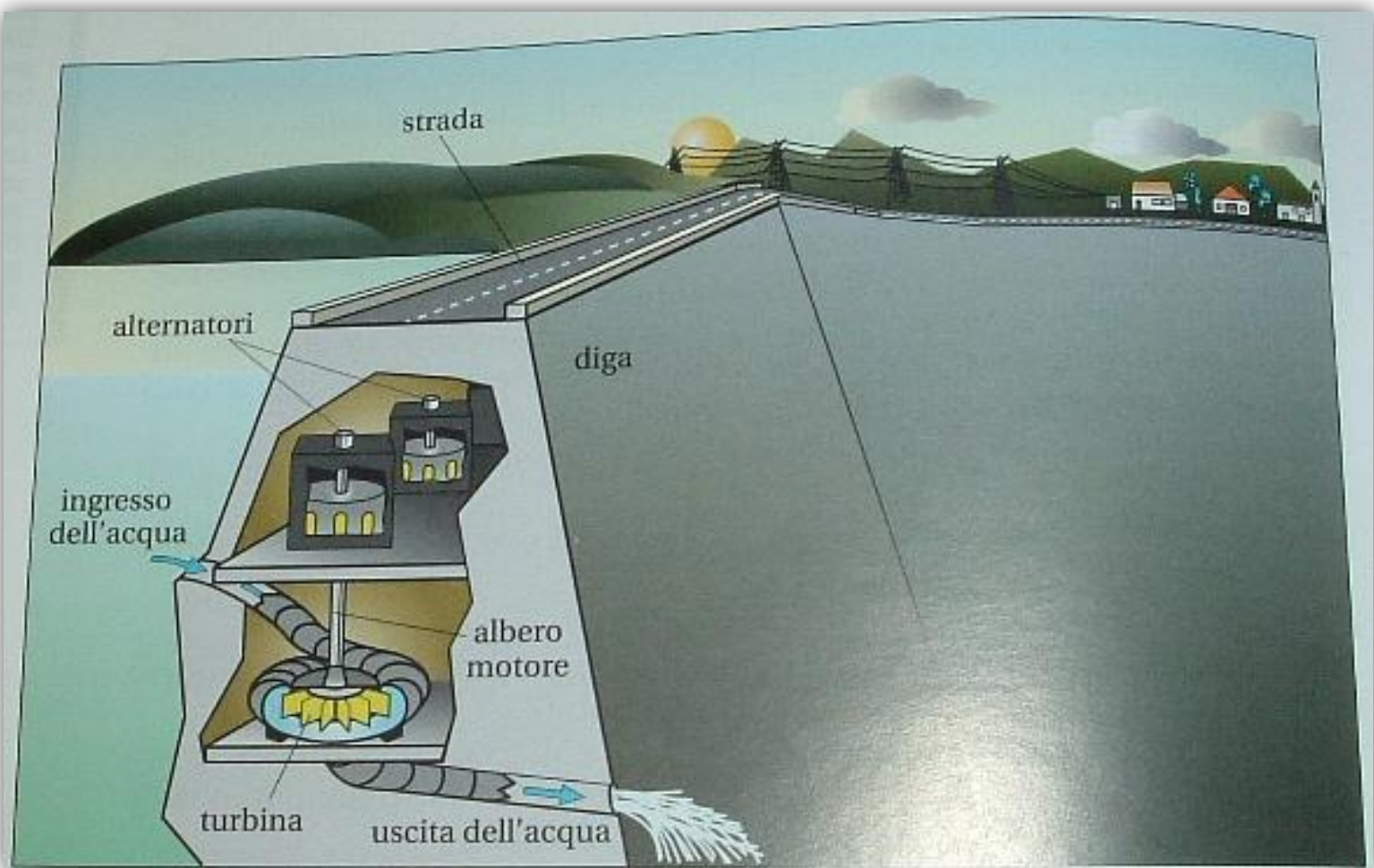
La centrale termoelettrica



La centrale idroelettrica

- Insieme alle centrali termoelettriche sono state le prime tipologie di centrali in uso. Il principio di funzionamento delle centrali idroelettriche si basa sull'utilizzo dell'acqua, o meglio della sua **energia cinetica**, al fine di produrre energia elettrica.
- L'impatto ambientale delle centrali idroelettriche è molto minore di quello delle centrali termoelettriche, per via dell'assenza di fumi, e riguarda soprattutto il diverso regime delle acque da esse sfruttate.

La centrale idroelettrica



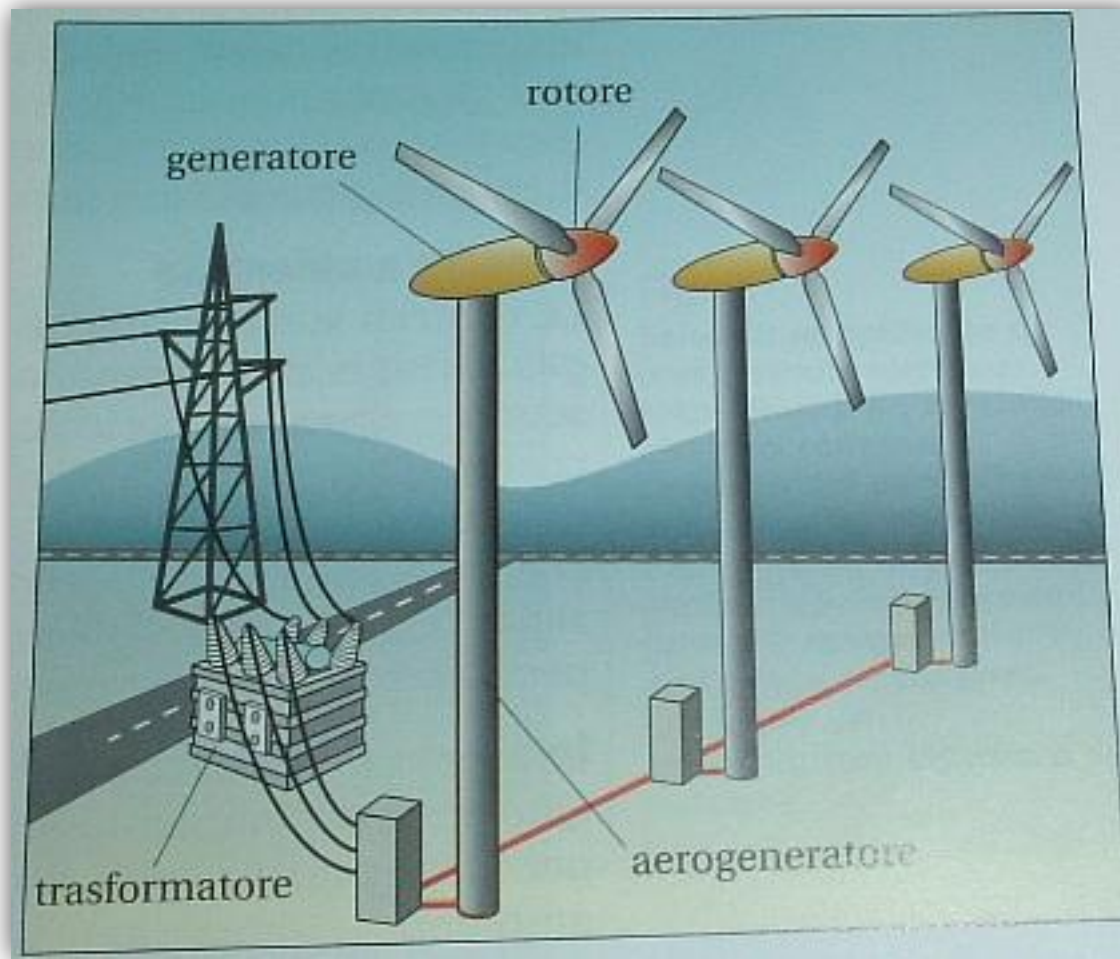
La centrale idroelettrica



La centrale eolica

- Le centrali eoliche sono centrali che sfruttano la velocità del vento per la produzione di energia elettrica.
- Il modulo base di una centrale eolica è il **generatore eolico**.
- Questa apparecchiatura è composta da un'elica (o al limite una singola pala) collegata ad un albero al quale è collegato il generatore di corrente.

La centrale eolica



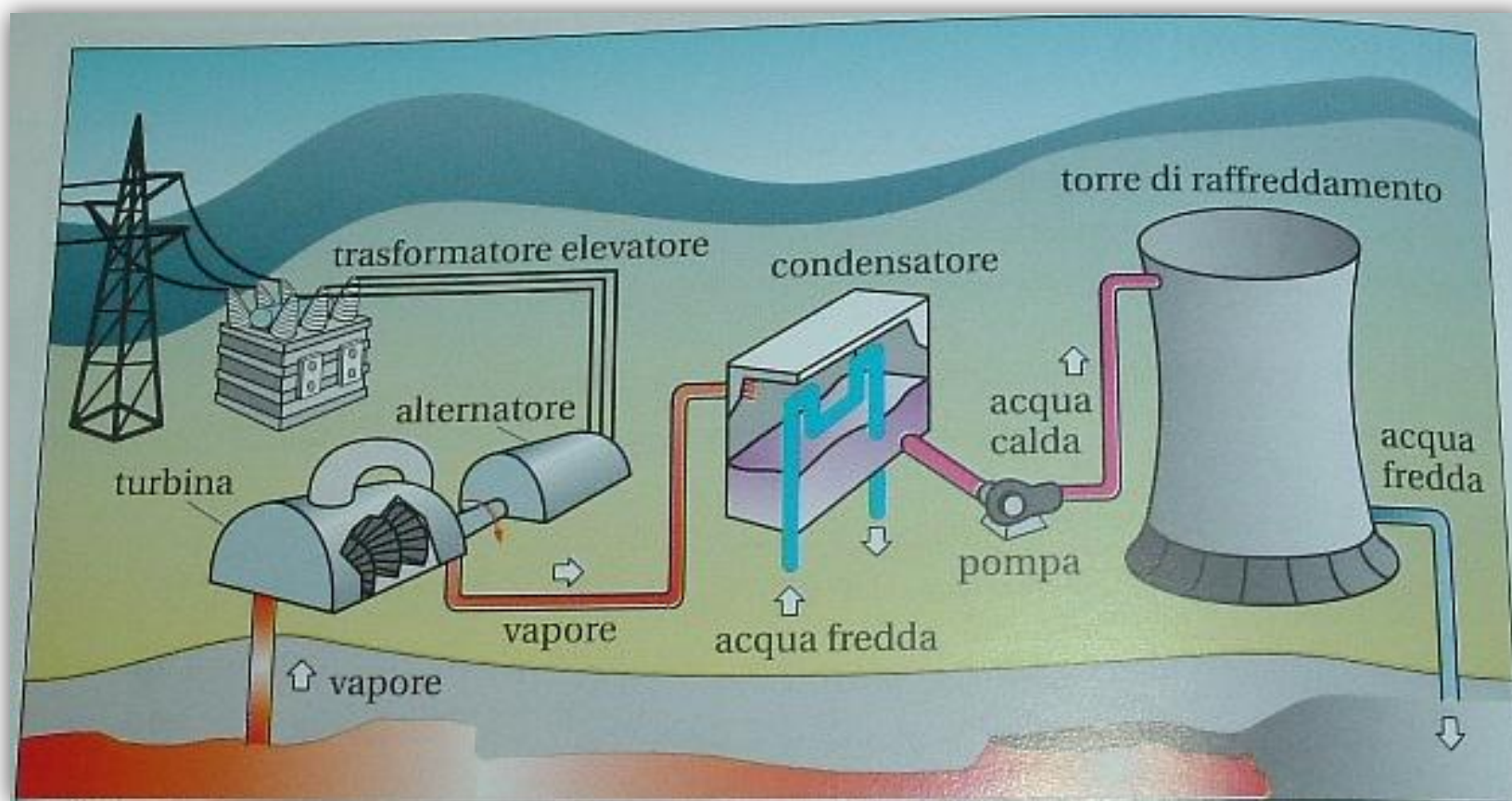
La centrale eolica



La centrale geotermica

- Le centrali geotermiche sono di fatto centrali termiche che utilizzano come fluido primario per scaldare le caldaie il calore naturale dei vapori geotermici contenuti nel sottosuolo (**energia geotermica**). Non esiste dunque, in questo tipo di centrali, alcun processo di combustione.
- Una volta costruite tali centrali sono estremamente pulite in quanto sfruttano un riscaldamento termico del tutto naturale e non hanno, quindi, scorie o residui atmosferici.

La centrale geotermica



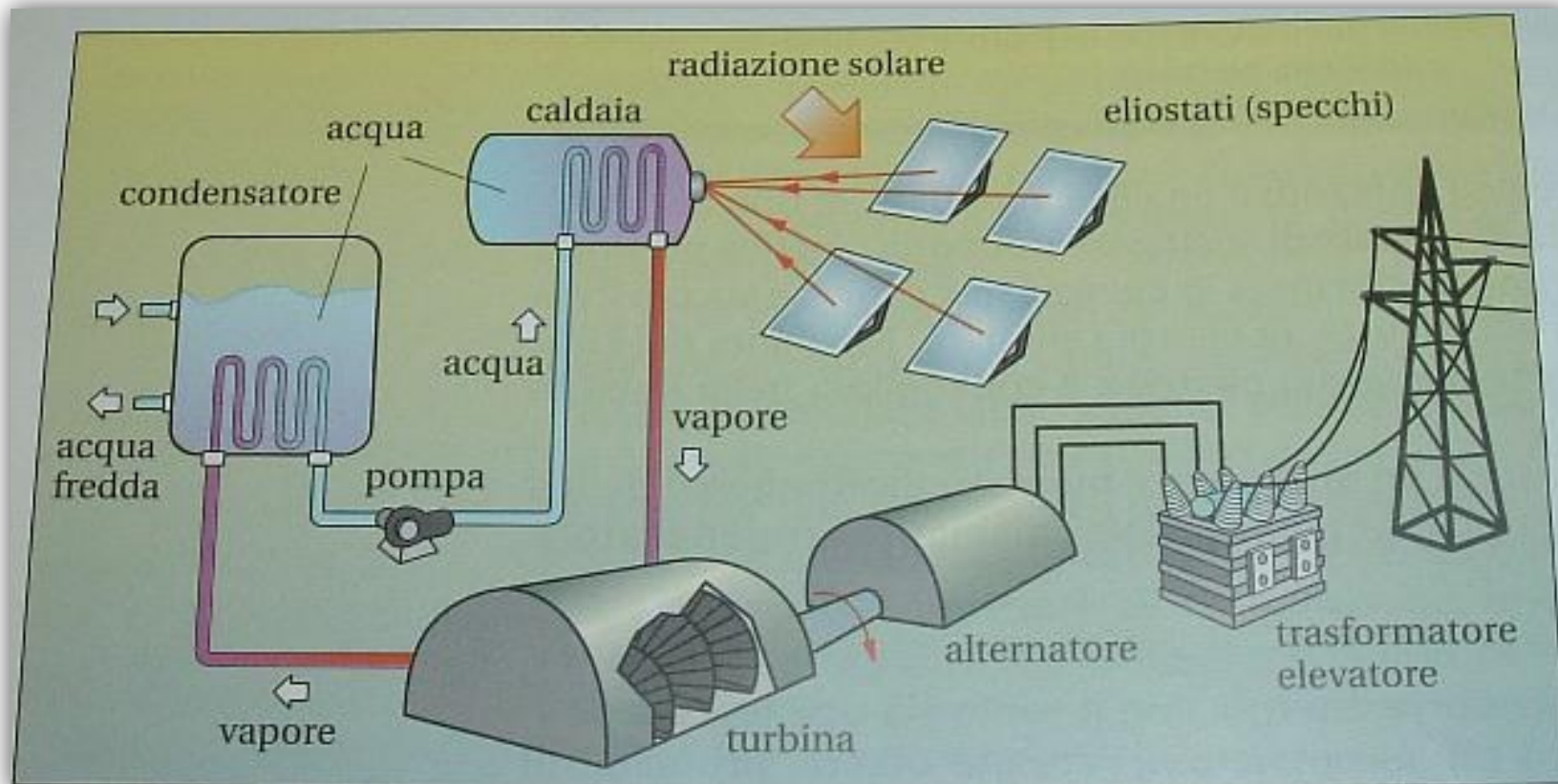
La centrale geotermica



La centrale solare termica

- Le centrali solari termiche utilizzano come principio di base quello delle centrali termiche classiche, anche in questo caso la differenza sta nel metodo in cui viene scaldata l'acqua della caldaia.
- La centrale solare termica può essere formata da campi di **concentratori parabolici** lineari, che riscaldano il fluido all'interno di condotti, oppure da una superficie nella quale sono posti centinaia di **specchi** che concentrano i raggi solari in unico punto centrale (detto fuoco) nel quale si trova la caldaia.

La centrale solare termica



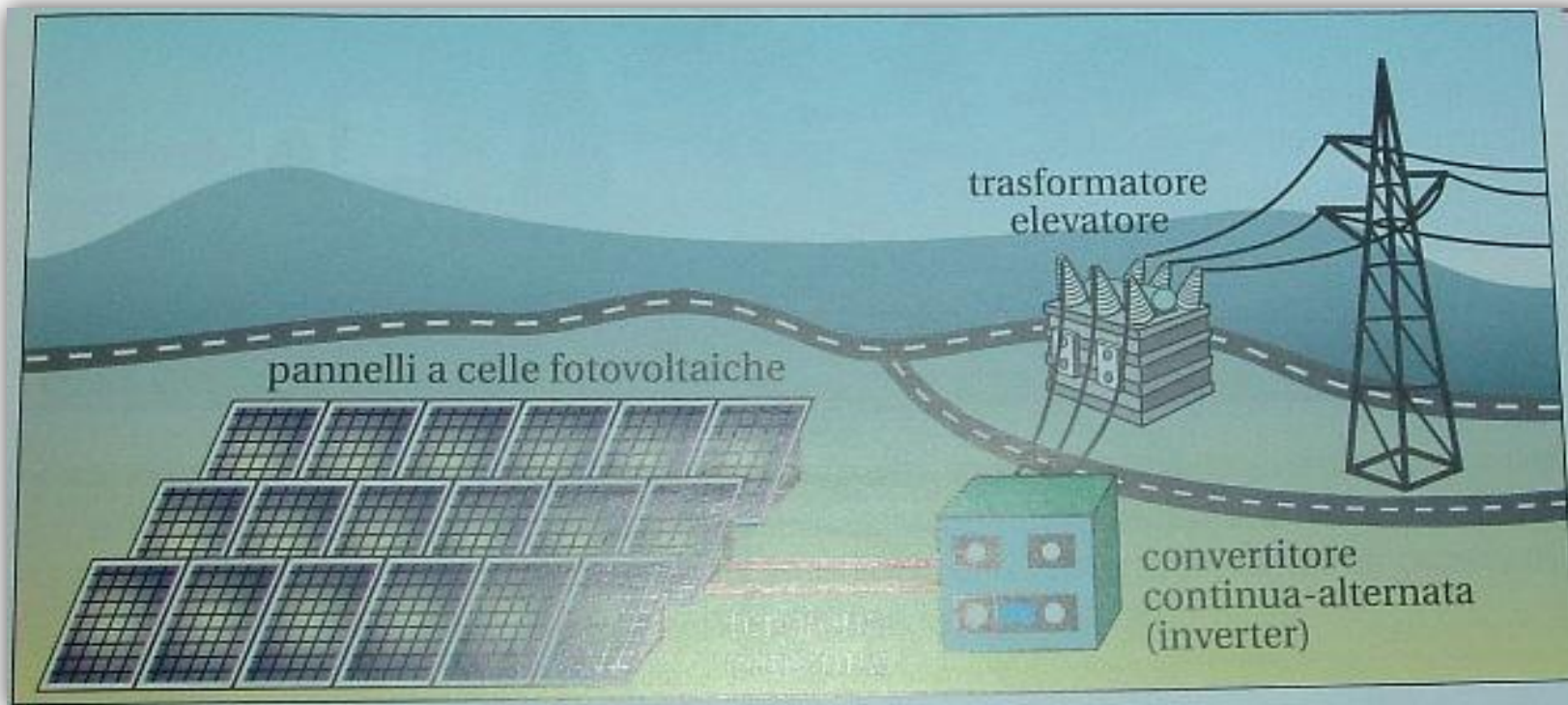
La centrale solare termica



La centrale solare fotovoltaica

- Le centrali basate su **pannelli fotovoltaici** convertono direttamente l'energia solare in corrente elettrica continua sfruttando l'effetto fotovoltaico delle celle che costituiscono i pannelli.
- La tensione elettrica continua prodotta dai pannelli viene convertita in alternata mediante un dispositivo elettronico detto **inverter** prima di essere immessa nella linea trasmissiva mediante un trasformatore elevatore di tensione.

La centrale solare fotovoltaica



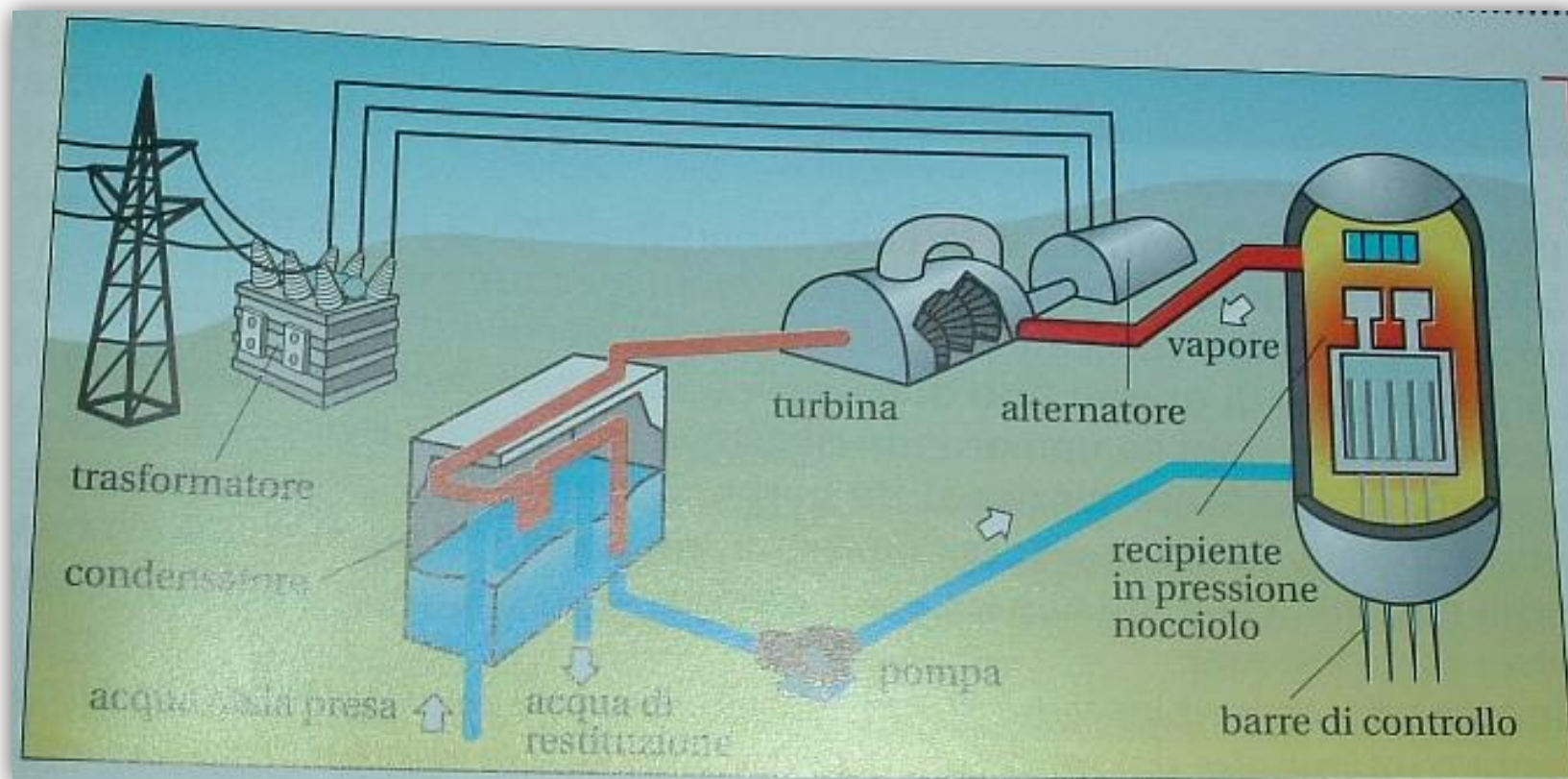
La centrale solare fotovoltaica



La centrale nucleare

- Le centrali a **fissione nucleare** sono analoghe alle centrali termoelettriche. La differenza sostanziale sta nel tipo di combustibile e di processo tecnologico che viene utilizzato per fornire calore e formare il vapore da inviare alle turbine. Nel caso in esame, il calore necessario viene ottenuto da un processo controllato di fissione nucleare a catena all'interno del **reattore**.

La centrale nucleare



La centrale nucleare



Il trasporto dell'energia elettrica

- La **trasmissione** di energia elettrica è il passaggio intermedio tra la produzione e la distribuzione agli utilizzatori dell'energia elettrica.
- Lo scopo è quello di portare l'energia dalle **centrali elettriche** fino ai luoghi di utilizzo, città e zone industriali, che possono essere distanti decine o centinaia di chilometri.
- La posizione geografica delle centrali è infatti obbligata nel caso di impianti idroelettrici, geotermici o eolici.

Le linee in alta tensione (A.T.)

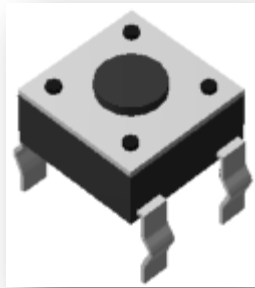
- Oltre agli **elettrodotti**, operanti a tensioni di centinaia di migliaia di volt in corrente alternata o continua la rete di trasmissione comprende...



...Interruttori

- L'interruttore è un dispositivo elettrico in grado di interrompere un circuito elettrico.
- Quando l'interruttore è configurato in modo da consentire il passaggio di corrente si definisce **chiuso**, quando invece il passaggio è interdetto si definisce **aperto**.
- Nella forma più elementare l'interruttore è costituito da due contatti metallici che possono essere mossi per entrare in contatto o per essere separati. Da un punto di vista costruttivo un interruttore è estremamente diverso a seconda che debba operare a bassa, media o alta tensione, e anche in funzione della corrente gestita. Si passa dai piccolissimi interruttori elettronici, fino ai mastodontici interruttori per alta tensione.

...Interruttori



...Sezionatori

- Sezionare significa separare due punti elettricamente connessi, in modo che non ci sia più continuità metallica tra essi. Lo scopo del sezionatore è quello di garantire la sicurezza dell'impianto e soprattutto delle persone, poiché interrompe fisicamente e visivamente il tronco di linee su cui si lavora, assicurandosi tra l'altro contro le richiusure involontarie, ed il suo stato è visibile dagli addetti ai lavori.

...Sezionatori

- Il sezionatore è un dispositivo elettrico in grado di aprire un circuito in modo certo e visibile. L'apertura del sezionatore è possibile effettuarla solo a vuoto (in assenza di corrente). Il sezionatore non è in grado di aprire un circuito in condizioni ordinarie (in presenza di corrente) ed in condizioni di guasto (**sovraccarichi** o **corto-circuiti**).

...Sezionatori

- Il **sovraccarico** (o sovracorrente) può essere visto come un eccessivo passaggio di corrente su un conduttore (cavo di rame). Di solito in un circuito elettrico i cavi che collegano un utilizzatore all'alimentazione devono essere dimensionati opportunamente per portare la corrente che alimenta l'utilizzatore senza danneggiarsi. I cavi infatti hanno per ogni sezione nominale una portata specifica. Se in un cavo passa una corrente superiore alla portata si parla di sovraccarico.
- Un **cortocircuito** è un collegamento fra due punti di un circuito che ha resistenza nulla, ciò impone una tensione nulla (o trascurabile) ai suoi capi e non impone vincoli sulla corrente che passa attraverso di esso, che può assumere valori molto elevati. Il suo contrario è il circuito aperto (resistenza elevatissima, corrente nulla).

...Sezionatori



...Trasformatori

- L'energia deve essere trasportata anche per centinaia di km e, come abbiamo detto, la potenza elettrica è legata in maniera diretta ai parametri di tensione e corrente.
- Ciò significa che a parità di potenza aumentando la tensione V diminuisce la corrente I . Ciò è molto importante, in quanto la corrente I genera al suo passaggio nei conduttori elettrici calore: più la corrente è alta e più calore si genera; per ovviare a questo inconveniente bisogna aumentare la sezione dei conduttori, ma esiste un limite economico e tecnologico nel dimensionamento delle linee elettriche, legato anche al fenomeno della caduta di tensione delle linee stesse.

...Trasformatori

- Al fine quindi di abbassare la corrente I si effettua una trasformazione aumentando la tensione V a parità di potenza P .
- Diminuendo le distanze da percorrere e la potenza da trasportare viene anche meno l'esigenza di avere tensioni alte, se a questo si associa anche l'esigenza di avere per l'uso domestico e industriale un livello di tensione compatibile con le esigenze di sicurezza, ne segue che dalla produzione alla distribuzione sono necessarie un numero adeguato di trasformazioni verso tensioni via via più basse.

...Trasformatori

- La macchina elettrica che si occupa di effettuare tali trasformazioni è appunto il trasformatore. Il trasformatore è una macchina elettrica statica (perché non contiene parti in movimento). In particolare il trasformatore consente di variare i parametri di tensione e corrente in ingresso rispetto a quelli in uscita, pur mantenendo costante la quantità di potenza elettrica (a meno delle perdite). Il trasformatore è una macchina in grado di operare solo in corrente alternata.
- Il trasformatore è stato quindi uno dei principali motivi per la scelta tra la corrente alternata e la corrente continua.

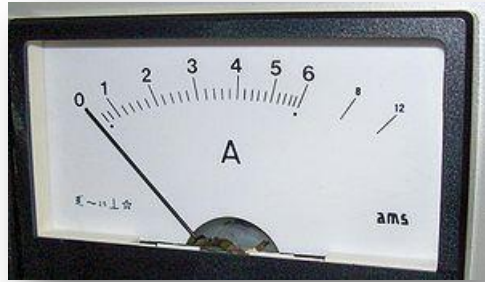
...Trasformatori



...Strumenti di misura

- Gli strumenti di misura delle grandezze elettriche si possono suddividere in base al principio di funzionamento e in base al tipo di corrente (continua o alternata) presente nel circuito da misurare.
 - **Amperometro** che misura la corrente
 - **Voltmetro** che misura la tensione
 - **Wattmetro** che misura la potenza
 - **Contatore** che misura l'energia

...Strumenti di misura



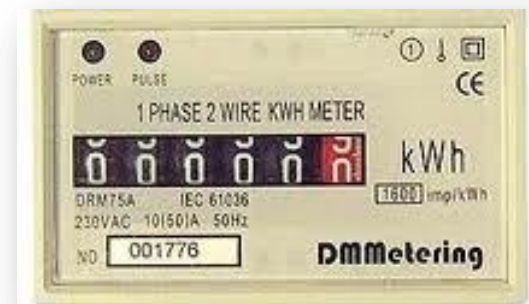
Amperometro



Voltmetro



Wattmetro



Contatore

La trasmissione

- La rete di trasmissione ha anche la funzione di **interconnettere** i centri di produzione non solo nazionali, ma anche transnazionali al fine di ottimizzare la produzione e l'utilizzazione.
- Il consumo energetico non è infatti costante, ma varia nel tempo calando notevolmente durante le ore notturne.
- Mentre però alcune centrali possono essere portate a regimi di produzione inferiori (es. le centrali idroelettriche), per altre questo non è possibile.

La trasmissione

- Grazie alla rete di trasmissione è possibile quindi riallocare le risorse riducendo gli sprechi energetici.
- Alcuni impianti idroelettrici sono inoltre reversibili, possono cioè sollevare acqua dal bacino inferiore a quello superiore durante la notte per accumulare energia prodotta da altre centrali, ricevuta attraverso la rete.
- La cosa tra l'altro ha anche un certo vantaggio economico visto che di notte l'energia costa meno, data la minore richiesta, e può quindi anche essere acquistata.

Un po' di storia

- La prima linea sperimentale di trasmissione ad alta tensione fu installata nel 1891 in occasione della mostra internazionale sull'elettricità di Francoforte sul Meno e aveva una tensione di $15 \div 25$ kV ($15.000 \div 25.000$ volt).
- Il primo elettrodotto commerciale fu realizzato nel 1896 dalla società Westinghouse negli Stati Uniti per collegare la centrale installata alle cascate del Niagara con la città di Buffalo, distante 80 km.

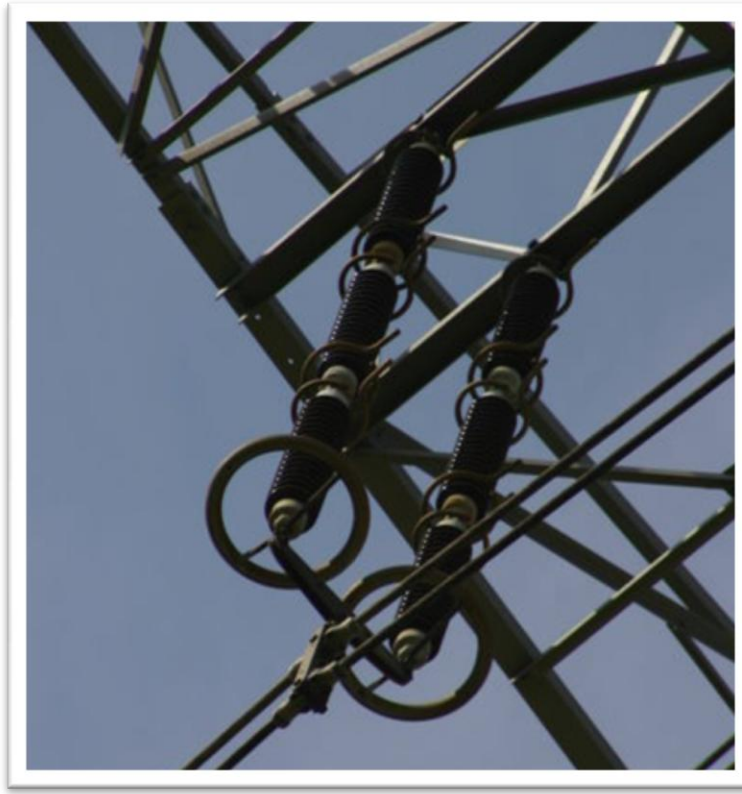
Un po' di storia

- In origine i fili erano sostenuti da singoli **isolatori** in porcellana simili a quelli usati nelle linee del telegrafo e del telefono, imponendo un limite alla tensione di 40 kV.



Un po' di storia

- Nel 1907 fu inventato l'**isolatore composto** usato oggi, con questo sistema fu possibile costruire isolatori di lunghezza arbitraria per fare fronte a qualunque tensione.



Un po' di storia

- La prima linea a 380 kV (380.000 volt) fu però attivata il 5 ottobre 1957.
- Nel 1967 fu installata in Quebec una linea a 735 kV (735.000 volt).
- In Unione Sovietica fu attivato nel 1982 un elettrodotto da 1,2 MV (1.200.000 volt).
- Nelle centrali elettriche l'energia è prodotta in media tensione, fino a 25 kV (25.000 volt).
- Nelle nostre case l'energia elettrica arriva in bassa tensione, a 230/400 V.

Trasmissione

- Per immettere l'energia dalle centrali nella rete di trasmissione si usano **trasformatori elevatori**.



Trasmissione

- L'energia viene prelevata dalla rete di trasmissione in apposite **sottostazioni** ricevitrici.



Trasmissione

- Dove i **trasformatori riduttori** riducono la tensione ai valori compatibili con la rete di distribuzione.



Distribuzione

- La **distribuzione elettrica** è l'ultima fase nel processo di consegna dell'elettricità all'utente finale dopo la produzione e la trasmissione.
- Generalmente comprende linee elettriche ad alta tensione (tra i 60 e 150 kV, più raramente a 220 kV), linee a media tensione (tra i 5 e i 25 kV) e linee a bassa tensione (inferiore a 1000 V, normalmente 400 V), impianti di trasformazione AT/MT (**cabine primarie**), trasformatori su pali o cabine elettriche a media tensione (**cabine secondarie**), sezionatori ed interruttori, strumenti di misura.

Distribuzione



Cabina M.T.



Trasformatore su palo

Distribuzione

- A partire dagli anni sessanta la consegna e la distribuzione dell'energia elettrica in Italia veniva svolta in regime di monopolio dall'**ENEL**.
- Negli anni novanta il settore è stato progressivamente liberalizzato, e attualmente diverse aziende tra cui società private e municipalizzate svolgono il servizio producendo in proprio l'energia o acquistandola alla borsa elettrica da produttori e trasportatori.



Distribuzione

- L'energia elettrica arriva alle stazioni ricevitrici alle porte delle città o dei distretti di distribuzione. Qui enormi autotrasformatori (con potenze che vanno dai 100 ai 400 MW) riducono la tensione secondo le esigenze della distribuzione primaria, con tensioni che possono essere di 150, 132 o 60 kV.
- Attraverso elettrodotti aerei o in cavo l'energia elettrica giunge negli impianti di trasformazione AT/MT, denominati cabine primarie, dove, con trasformatori di potenza compresa tra i 10 e i 60 MW, viene ulteriormente abbassata ad una tensione che, a seconda dei distributori, può variare tra gli 8.4 kV e i 20 kV, per essere immessa poi nella rete elettrica a media tensione.

Distribuzione



Linea M.T.

Distribuzione

- L'elettricità prosegue su elettrodotti minori su tralicci e pali in aree di campagna, oppure in cavi isolati nel sottosuolo urbano, fino alle sottostazioni di media tensione (cabine secondarie).
- Nelle cabine secondarie di media tensione (MT) altri trasformatori (con potenze comprese tra 50 e 1000 kW) riducono la tensione al valore finale di consegna all'utente, in Italia 400 V **trifase** (tre tensioni sulla stessa linea, costituita da tre conduttori).

Distribuzione

- Da questo punto fino al contatore dell'utente si può parlare di consegna di energia elettrica, la quale avviene utilizzando cavi isolati e, più raramente e nel caso di località rurali, su linee aeree su palo.



Consegna

- La consegna a 230/400 V avviene attraverso un contatore di energia, che ha gli scopi di contabilizzare i consumi per la fatturazione, definire il punto di consegna e offrire una prima protezione contro sovraccarichi e cortocircuiti grazie a un interruttore magnetotermico integrato.

